

BioCleanPaint

Biobaserade lösningsmedel som rengöringsvätskor i industriella
färgappliceringsprocesser

Dnr 2021 - 02529

Publik rapport



Författare: Mikael Kjellin, Jan Skogsmo, Uniben Tettey, Anna-Karin
Hellström, Charlotte Ireholm

Datum: 2024-10-28

Projekt inom FFI Hållbar produktion



Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse	8
7 Spridning och publicering	9
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	9
7.2 Publikationer.....	9
8 Slutsatser och fortsatt forskning	9
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	10

Kort om FFI

FFI, Fordonsstrategisk forskning och innovation, är ett samarbetsprogram mellan staten och fordonsindustrin som sedan 2009 finansierar forskning och innovation inom vägtransporter.

Läs mer på www.ffisweden.se

1 Sammanfattning

I BioCleanPaint har vi arbetat med att minska klimatpåverkan från industriella ytbehandlingsprocesser genom att undersöka möjligheten att byta ut fossilbaserade lösningsmedel mot lösningsmedel från förnyelsebara råvaror samt genom att återvinna lösningsmedel som används i processen i stället för att skicka det till förbränning. RISE internt utvecklade formuleringsverktyg (RISE Substitutionsverktyg) användes för att jämföra de lösningsmedel som används i produktion idag med alternativa lösningsmedel som går att tillverka från förnyelsebara råvaror. Verktöget kombinerar Hansen Solubility Parameters (HSP) för ett stort antal lösningsmedel med information från databaser om toxikologi, fysikalisk-kemiska parametrar som flampunkt, ångtryck, förångningshastighet och lukt.

En av lösningsmedelsblandningarna/tvättvätskorna som ett av företagen använder sig av idag visade sig vara av den typ som går att tillverka av fossilfri råvara. Dessutom visade den sig vara ett alternativ till övriga tvättvätskor vid analys med RISE substitutionsverktyg. Denna lösningsmedelsblandning har varit huvudalternativet vid de jämförande fallen med LCA-analyser som utförts i projektet för att bedöma graden av miljöpåverkan. Förutom teoretisk analys av de alternativa lösningsmedelsblandningarna har projektet även bestått i att utföra tekniska försök i labb- och pilotskala för att undersöka prestandan för alternativa lösningsmedel, samt test i labbskala för möjligheten att återvinna använd rengöringsvätska. Återvinningstesterna hos Circhem av använda tvättvätskor från företagen i projektet visade att det var möjligt att återvinna tvättvätskan till 80 - 90 procent med bibehållet blandningsförhållande.

LCA-resultaten visar på en stor minskad miljöpåverkan för respektive företagsfall i storleksordningarna 45, 20 respektive 350 kg CO₂-ekvivalenter per målad komponent då rengöringsvätskan återvinns. Byte till rengöringsvätska tillverkad av fossilfri råvara ger en minskning av CO₂ ekvivalenter i samma storleksordning och återvinns dessutom den biobaserade rengöringsvätskan blir minskningen omkring 90% för samtliga tre företagsfall.

2 Executive summary in English

In BioCleanPaint, we have aimed to reduce the climate impact of industrial surface treatment processes by investigating the possibility of replacing fossil-based solvents with solvents from renewable raw materials and by recycling solvents used in the process instead of sending it to incineration.

RISE internally developed formulation tool (RISE Substitution Tool) was used to compare the solvents used in production today to alternative solvents that can be manufactured from renewable raw materials. The tool combines Hansen Solubility Parameters (HSP) for a large number of solvents with information from databases on toxicology, physicochemical parameters such as flash point, vapor pressure, evaporation rate, and odor.

The project has generated several alternative "green" solvents and solvent mixtures for the three thinners used in production today. If these alternatives are not judged to be possible to use as such after industrial evaluation, it is possible to make new mixtures of these solvents to get the properties needed, for example lower evaporation rate, greater possibility of recovery/distillation, lower flash point, etc. Within the project, 6 paints, 17 materials, and 8 alternative solvents were identified, of which these can be mixed with each other to optimize the

cleaning process. Also, the RISE Substitution Tool has been updated to enhance its functionality for developing better cleaning liquids for industrial use. Physicochemical data, including viscosity and dielectric constant, has been added for many solvents, helping assess important factors such as pumpability. Human skin permeability data was also integrated, providing a basis for predicting skin sensitization risks. Inactive ingredients can now be sorted by potency, category, and class, allowing for more precise selection in formulations. While the CO₂ footprint was identified for several common solvents, data for others remains elusive without a life cycle assessment. Additionally, work on a graphical user interface (GUI) has started.

Here, the solvent mixture/cleaning liquid used by one of the companies in the project consortium proved to be of the type that can be manufactured from fossil-free raw material, and this cleaning liquid also turned out to be a potential and relevant alternative to the cleaning liquids used at the other project partners when analyzed with the Rise Substitution Tool. In the lab scale tests in comparison with a large number of other solvents, this alternative solvent mixture showed good results and was also escalated to solubility pilot scale trials. Even then with positive results, it was selected the main alternative in the comparative LCA study carried out in the project to assess the degree of environmental impact. In addition to theoretical analysis and lab and pilot scale technical trials of the alternative solvent mixtures, the project has also performed recycling tests in lab scale at Circhem's facilities with used cleaning liquids from the processes from each company. For all the tested mixtures, the recyclability was 80-90 percent with maintained mixing ratio. Normally, the recyclability is somewhat higher when completed in production scale.

An LCA have been performed for three company specific cases and the results show a considerable reduced environmental impact for each company case in the order of 45, 20 and 350 kg reduction of CO₂ equivalents per painted component when using recycled cleaning liquid compared to virgin cleaning liquid. When replacing the cleaning liquid with a fossil-free raw material, the reduction is similar and if the bio-based cleaning liquid is also recycled the reduction of CO₂ is around 90% for all three company cases.

The project results have been disseminated in several different forums at different occasions such as presented at Scania Innovation Day, in articles in the industry magazine Ytforum and the project has also organized an open webinar to spread the results to other industries than those participating in the project.

With the clear results regarding significantly reduced environmental impact with recycling and potential with fossil free solvents in combination with the demonstrated possibility of recycling solvent mixtures in Sweden, there should be no obstacles for a fast implementation of the technology in painting industry and also for other industries using solvents in their production.

3 Bakgrund

I varje måleri används betydande mängder skölj- och rengöringsvätskor för att rengöra appliceringsutrustning och färgdistributionssystem. I en av projektdeltagarnas anläggningar används så mycket som 200 - 300 m³ reningslösningsmedel per år för rengöring och tvätt av färgutrustning. De flesta rengöringsvätskor är VOC-innehållande och fossilbaserade. Rengöringsvätskor bestående av blandningar av till exempel alkoholer, acetater och aromatiska föreningar såsom xylen och etylbensen som är cancerogena och som också innehåller aromatiska kolväten är det som används. Rengöringsvätskorna behöver vara kompatibla med färg- och processmaterial, rör, slangar, packningar, pumpar och appliceringsutrustning och ska även vara möjliga att regenerera och återvinna. Medan bilar endast tillverkas i ett begränsat antal kulörer, lackeras tunga fordon såsom lastbilar i över 500 unika kulörer samtidigt som

kunden ändå kan föreslå en annan nyans. Det innebär att målningsutrustningen behöver rengöras och sköljas igenom väldigt ofta, ibland efter varje hytt eller komponent vilket gör att stora mängder lösningsmedel används för rengöring av utrustning. Färger för lastbilar, men även målning av plastsubstrat för både personbilar och lastbilar kräver ofta lösningsmedelsbaserade tvåkomponentsbeläggningar för att klara av låga hårdtemperaturer. Till de lösningsmedelsbaserade färgerna krävs lösningsmedelsbaserade rengöringsvätskor.

Detta projekt är ett av de första stegen för att försöka minska CO₂-avtrycket i målerierna vid tillverkning av tunga fordon. Efter måleriet skickas blandningen av rengöringsvätska och färgavfall till kassation eller regenerering. Regenereringen innebär att färgmaterialet separeras från rengöringsvätskorna och rengöringsvätskan kan då användas flera gånger, även om en viss del går till spillo eller till förbränning. Det faktum att merparten av vätskorna är tillverkade av fossil råvara, och att en viss del går till avfall, har stor inverkan på färgprocessens klimatpåverkan (CO₂-fotavtryck). Genom övergång till nya alternativa rengöringsvätskor framställda av förnybara resurser var syftet med detta projekt att minska miljöbelastningen, i synnerhet klimatpåverkan och minska mängden lösningsmedel som går till avfall. Ett exempel är "grön" etylacetat som tillverkas av biologiskt framställd etanol. Om produkten dessutom tillverkas i en process som drivs med bioenergi blir utsläppen av växthusgaser väsentligt lägre.

En utmaning är att hitta material och metoder som är kompatibla med alla steg i färgprocessen. Ursprunget och egenskaperna för varje kemikalie i de aktuella rengöringsvätskorna behöver kartläggas. Likaså vilka kemikalier som kan produceras av förnybara råvara och att dessa fyller samma funktioner som de idag använda fossilbaserade måste undersökas. Färgernas sammansättning behöver bestämmas för att utvärdering av vilka kemikalier som är kompatibla med beläggningarna ska kunna göras. Dessutom behöver materialen som används i färgprocessutrustningen (tätningar, rör, munstycken, pumpar och annan appliceringsutrustning) och hur de påverkas av den potentiella förändringen av förnybara renings- och rengöringsvätskor utvärderas för att undvika suboptimering. Samma typer av färger och rengöringsvätskor används i fordonsmålerier över hela världen och resultatet av projektet kommer därför att vara till nytta för många andra slutanvändare än OEM:er och även utanför fordons- och flygindustrin.

Tillvägagångssättet för regenerering av avfallsmaterial som det utförs idag, och hur detta påverkas av byte till material från förnybara resurser är också en viktig del av projektet för att säkerställa helheten och undvika suboptimering. En positiv effekt av projektet är att resultaten ger möjlighet för introduktion av biobaserade rengöringsvätskor till andra relaterade applikationer såsom rengöring av komponenter inför ytbehandling. Detta skulle leda till ytterligare minskning av CO₂-avtrycket från ytbehandlingsprocessen.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Även om mycket arbete historiskt har ägnats åt att ersätta processer och kemikalier vid ytbehandling med mer miljömässigt attraktiva alternativ, så är detta projekt ett första initiativ för att titta på mer hållbara alternativ för rengöring och tvätt av färgprocessutrustning. Simuleringsverktyget för att jämföra och utvärdera lösningsmedel kommer att användas och förfinas inom projektet. Verktöget kan vara till stor nytta även för senare studier av ersättning av fossilbaserade lösningsmedel, till exempel i färger. Vattenbaserade färger har också ett betydande innehåll av lösningsmedel och om dessa skulle kunna ersättas med lösningsmedel från förnybara råvara så finns stor potential att klimatpåverkan kan minskas ytterligare. LCA-studien bör också vara av stort intresse inte bara för det här projektet utan också som underlag för efterföljande studier av att utvärdera och jämföra eventuell substitution av rengörings- och ytbehandlingsprocesser.

Möjligheten att utföra tester i pilotskala i den volym och omfattning som ursprungligen var tänkt, visade sig dock vara svårare än beräknat då viss utrustning som tidigare använts hos de deltagande företagen inte var möjlig att flytta och använda i den grad det var tänkt. Tester i pilotskala utfördes däremot ändå med relevanta resultat men för testning under längre tid för utvärdering av påverkan på material osv och därmed högre slitage i kombination med nya lösningsmedel kunde inte utvärderas inom ramen för det här projektet men är en punkt att ta vidare till framtida projektsamarbeten. De lovande resultaten beräknas bidra till en snar stegvis implementering av återvunnet lösningsmedel för rengöringsprocesserna i målerier.

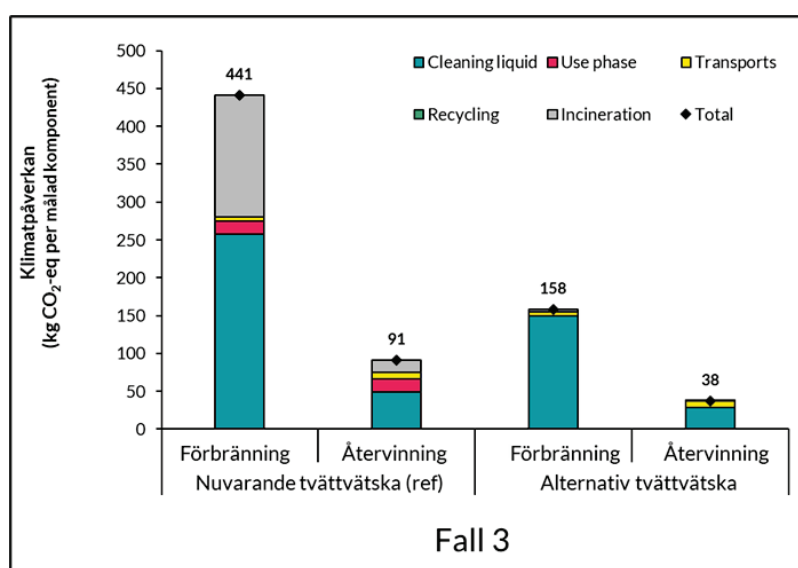
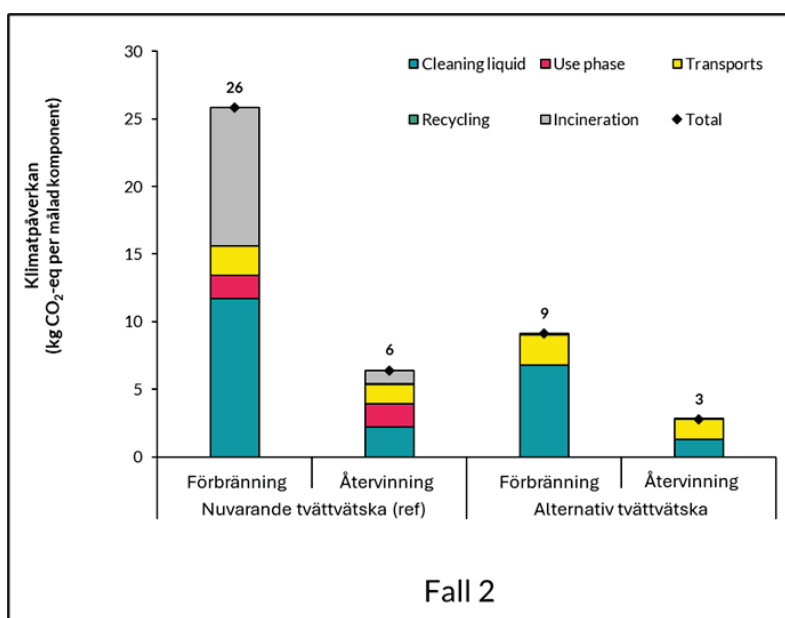
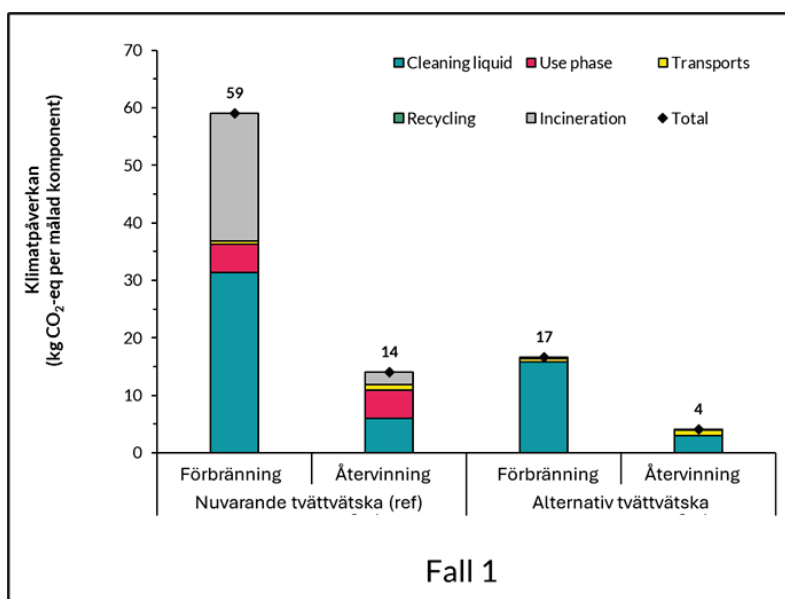
Under projektets gång har det hållits fysiska projektmöten hos ett antal av projektdeltagarna. Förutom projektarbetet har dessa möten inklusive studiebesök bidragit till ökad förståelse och kompetensutveckling hos deltagarna för rengöringsprocesserna i produktion. Det har också ökat kunskapen hos deltagarna om hur flöden och hantering av lösningsmedelsavfall sker idag från användaren via transport och hantering hos exempelvis Stena Recycling.

5 Mål

I varje måleri används betydande mängder skölj- och rengöringsvätskor för att rengöra appliceringsutrustning och färgdistributionssystem. De flesta rengöringsvätskor är tillverkade från fossil råvara och innehåller VOC med ämnen som alkoholer, butylacetat, xylene och etylbenzen. Även halten av aromatiska kolväten är hög. Rengöringsvätskorna behöver vara kompatibla med färg- och processmaterial, rör, slangar, packningar, pumpar och appliceringsutrustning. Rengöringsvätskorna ska också vara möjliga att återvinna i så stor utsträckning som möjligt. Genom att byta till alternativa rengöringsvätskor framställda av förnyelsebar råvara är syftet med detta projekt att minska miljöbelastningen, i synnerhet klimatpåverkan, och minska mängden använt lösningsmedel som skickas som avfall från målerierna.

RISE Substitutionsverktyg, baserat på Hansen Solubility Parameters (HSP) utvecklat för att identifiera ämnen med liknande lösningsegenskaper, för att hitta lämplig ersättning av lösningsmedel i formulerade produkter. HSP representerar icke-polära dispersionskrafter (D), polära krafter (P), och vätebindningskrafter (H). Efter att färgernas Hansenparametrar bestämts och lämpliga lösningsmedel identifierats med RISE Substitutionsverktyg skulle rengöringsförmågan för dessa, och även lösningsmedelsblandningar, fastställas och lämpliga rengöringsformuleringar föreslås. Interaktionen mellan lösningsmedel och material som dessa kommer i kontakt med skulle undersökas. Konkret skulle 3 färger och 10 material undersökas och 5 - 10 alternativa lösningsmedel identifieras. Ett ytterligare delmål var att vidareutveckla RISE Substitutionsverktyg och inkludera information av CO₂-avtryck, viskositet och hudsensibilisering för att förbättra dess funktionalitet för att utveckla bättre rengöringsvätskor för industriellt bruk.

Resultatet från livscykelanalyser för de olika företagsfallen visar att det har stor inverkan på CO₂-avtrycket att återvinna, respektive byta ut lösningsmedlen i rengöringsvätskorna som är tillverkade av fossilfri råvara, vilket kan ses i diagram 1 - 3 nedan för respektive företagsfall. Samtliga tre fall påvisar en minskad miljöpåverkan i storleksordningen 45, 20 respektive 350 kg CO₂-ekvivalenter per målade komponent. Byte till en annan rengöringsvätska med liknande löslighetsparametrar och med större möjlighet till tillverkning från fossilfri råvara, "Alternativ tvättvätska" i diagrammen nedan, ger en nästan lika stor minskning av CO₂ ekvivalenter. Återvinns dessutom den biobaserade rengöringsvätskan minskar klimatpåverkan från 59 till 4 kg CO₂ ekvivalenter för fall 1, en minskning med 93%. För fall 2 respektive 3 blir motsvarande minskning 88 respektive 91%.



De tydliga resultaten i projektet, både metodiken att hitta alternativa lösningsmedel liksom den tydligt minskade miljöpåverkan genom minskat CO2 avtryck förväntas ge betydande spin-off-effekter då de är direkt användbara för andra branscher som också använder lösningsmedel, inte bara i högvolymsproduktion utan även för mindre målerier och lackeringsverkstäder. En ökad och effektiviserad återvinning av lösningsmedelsavfall torde inte bara minska volymerna använt lösningsmedel, utan också möjliggöra för det separerade fasta färgavfallet att användas som en resurs i stället för att gå till förbränning.

6 Resultat och måluppfyllelse

Projektet har gjort en översikt över dagens ytbehandlings- och rengöringsprocesser vilka är liknande för några av företagen i projektet medan det skiljer sig mycket hur rengöringsvätskan hanteras och på vilket sätt den används hos de olika företagen.

Den primära alternativa rengöringsvätskan som identifierats som bäst lämpad att ersätta dagens är den rengöringsvätska som används hos ett av de deltagande företagen. Sammansättningen visade sig vara sådan att den går att tillverka från fossilfri råvara och den visade sig också ligga nära i löslighetsparametrar enligt RISE Substitution Tool vid en jämförelse med de lösningsmedelsblandningar som används hos övriga slutanvändare i projektet. Denna alternativa rengöringsvätska samt varianter av lösningsmedelshalter/proportioner var det som blev huvudspåret för utvärderingar i labb – och pilotskala samt i de LCA-analyser som utfördes. LCA-rapporten i sin helhet är projektspecifik då de olika företagsspecifika fallstudierna innehåller detaljerad företagsspecifik intern information. Sammanfattningsvis har projektet genererat ett flertal alternativa "gröna" lösningsmedel och lösningsmedelsblandningar till de tre thinners som används i produktionen idag. Om dessa alternativ inte bedöms vara möjliga att använda som sådana efter industriell utvärdering finns möjlighet att göra nya blandningar av dessa lösningsmedel för att få de egenskaper man behöver, till exempel lägre avdunstningshastighet, större möjlighet till återvinning/destillering, lägre flampunkt mm. Inom projektet undersöktes 6 färger, 17 material och 8 alternativa lösningsmedel identifierades, av vilka dessa kan blandas med varandra för att optimera rengöringen.

RISE Substitution Tool har vidareutvecklats med att inkludera information av CO2-avtryck, viskositet och hudsensibilisering för att förbättra dess funktionalitet för att utveckla bättre rengöringsvätskor för industriellt bruk. Fysikalisk-kemiska data, inklusive viskositet och dielektricitetskonstant, har lagts till för många lösningsmedel, vilket hjälper till att bedöma viktiga faktorer som pumpbarhet. Data för hudpermeabilitet har också inkluderats, vilket ger en grund för att förutsäga risker för hudsensibilisering. Inaktiva ingredienser kan nu sorteras efter styrka, kategori och klass, vilket möjliggör mer exakt val i formuleringar. CO2-avtrycket har identifierats för flera vanliga lösningsmedel men för flertalet lösningsmedel behövs en livscykelanalys. Dessutom har arbetet med ett grafiskt användargränssnitt (GUI) påbörjats.

Projektresultaten har spridits i ett antal olika forum och tillfällen. Projektet har presenterats på Scania Innovation Day, i artiklar i branschtidningen Ytforum och projektet har också anordnat ett externt webinarie för att sprida resultaten till andra branscher än de som deltar i projektet.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Resultaten kommer fortsatt spridas internt inom varje deltagande företag.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Förslag på fortsatta aktiviteter baserat på resultaten är identifierade, se kap 8
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden	X	Gällande återvinning så har projektet bidragit till separata överenskommelser inom projektkonsortiet som arbetas vidare med separat.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Inga publikationer har generats inom ramen för projektet.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

De tydliga resultaten gällande minskad miljöpåverkan och påvisade möjligheten till återvinning av lösningsmedelsblandningar i Sverige talar för snabb implementering av teknikerna i industrin och spridning av resultaten till andra branscher där betydande volymer av lösningsmedel hanteras.

Några frågeställningar att arbeta vidare med är:

- Ytterligare tester i större skala för utvärdering av prestanda för alternativa lösningsmedel.
- Bedömning av andra miljöpåverkande faktorer än CO₂.
- Hur ser möjligheterna ut för minskad miljöpåverkan för vattenburna system, som ju också innehåller en hel del lösningsmedel.
- Syra/bas-rengöring som alternativ till användning av lösningsmedel (VOC =0).
- Vilka biobaserade alternativ finns idag? Volymer och pris?
- LCA-utfall/resultat per ingående lösningsmedel för beräkning av alternativa blandningar.
- Skulle delar av återvinningsprocessen kunna göras "on-site" för att minska transporter etc.

Ytterligare forskningsanslag kommer med säkerhet att sökas för att fortsatt arbete.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Projektpart	Kontaktperson
Scania CV AB	Daniel Ståhlberg Lars Erhardsson Martin Jönsson
Volvo Lastvagnar AB RISE	Christer Sjaunja Anders Gotte (Avdelningschef) Charlotte Ireholm Jan Skogsmo Mikael Kjellin Uniben Tettey Anna-Karin Hellström
Circhem AB YTAB Provexa Technology AB SAAB AB	Joakim Ström Mats Karlsson Anders Skalsky Mattias Samuelsson Peter Norman
Stena Recycling	Malin Björkner Magnus Håkansson
Envirostripp Chemicals AB	Ulf Billton